

$b = 1 \text{ м}; d = 0,5 \dots 2,0 \text{ м}; \gamma = 18 \text{ кН/м}^3; \varphi = 25^\circ;$   
 $c = 20 \text{ кПа}; q = 0.$

Таблица 1

Значения предельной нагрузки основания  $p_{пр}$   
 щелевого фундамента

Относительная глубина зало- жения фунда- мента	Предельная вертикальная нагрузка на ос- нование $p_{пр}$ , кПа		
	По предлагаемой методике	По СНиП 2.02.01–83	Процент различия
0,5	676,6	615,98	9,8
1,0	805,86	711,94	13,2
1,5	935,3	807,9	15,77
2,0	1071,4	903,86	18,54

### ВЫВОДЫ

Предлагаемая методика определения несущей способности основания щелевых фундаментов повышает достоверность получаемых численных результатов за счет учета сил сопротивления связных грунтов сдвигу в пределах глубины  $d$ .

Значения предельной нагрузки на основания под щелевыми фундаментами, рассчитанные по предлагаемой методике, больше на 9,8...18,54 %, чем по СНиП 2.02.01–83, и увеличиваются с ростом величины  $d$  для указанных выше исходных данных.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Березанцев В. Г. Расчет прочности оснований сооружений. – Л.: Госстройиздат, 1960. – 208 с.
2. Соколовский В. В. Статика сыпучей среды. – М.: Гос. изд-во. физ.-мат. лит., 1960. – 244 с.
3. Банников Д. Н. Экспериментальные исследования работы щелевых фундаментов в натурных условиях // Материалы II белорусского конгресса по теоретической и прикладной механике. – Мн., 1999 – С. 270.
4. Банников Д. Н. Напряженно-деформированное состояние основания щелевых фундаментов // Материалы междунар. 53-й науч.-техн. конф. профессоров, преподавателей, научных работников и аспирантов / БГПА. – Мн., 1999. – С. 5.
5. Банников Д. Н. Осадки монолитных щелевых фундаментов // Рациональные конструктивно-технологические решения фундаментов из монолитного бетона: Тез. докл. науч.-практ. семинара, Минск, 28 янв. 1999 г. / Научно-исследовательский и проектно-технологический институт стройиндустрии. – Мн., 1999. – С. 27.

УДК 631.432.3:631.826

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИЦИЙ ПЕСКА И САПРОПЕЛЯ

БОРОВИКОВ А. А.

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

При строительстве противофильтрационных завес способом «стена в грунте» используются различные заполнители: твердеющие (бетон, железобетон, асфальтобетон, шлакобетон, глиноцементные и другие смеси) и нетвердеющие (полимерные материалы, комовая глина, различные глиногрунтовые композиции). Выбор того или иного материала основывается на требуемых параметрах противофильтрационной завесы (прочности, пластичности, фильтрационных свойств), его наличии вблизи места строительства, затратах труда на устройство завесы, стоимости материала завесы и др.

В ранее выполненных работах кафедры ГТС и водоснабжения показана возможность использования отложений озер – сапропеля при возведении противофильтрационных завес способом «стена в грунте» как дешевая альтернатива из нетвердеющих заполнителей.

Материал такой завесы должен иметь низкую водопроницаемость и обладать стойкостью к возможным фильтрационным деформациям. Нами проведены исследования с целью изучения фильтрационных деформаций песчано-сапропелевых составов.

Для противофильтрационных завес, возво-

димых способом «стена в грунте», глубиной до 10...15 м экономически целесообразны следующие способы строительства:

- обратная отсыпка заглинизированного грунта;
- обратный намыв смеси выбуренного грунта с тиксотропной суспензией.

При этих способах машинокомплекс сведен до минимума, а тело завесы формируется за счет перемешивания суспензии сапропеля и песка, т. е. материал завесы представляет композицию песка, составляющего скелет завесы, и сапропеля – более мелкого по гранулометрическому составу, являющегося заполнителем и связывающего отдельные частицы в агрегаты.

Фильтрационная прочность грунтов противофильтрационных устройств должна обеспечиваться в местах выхода фильтрационного потока в более крупнозернистые грунты. Для завес, выполненных способом «стена в грунте», критическим местом является контакт тела завесы с окружающим грунтом.

Ввиду того что природные песчаные грунты состоят из частиц различного размера, возможен вынос отдельных мелких частиц в окружающую среду (явление суффозии). Выносимые частицы могут свободно располагаться в порах или быть частично защемленными. Более крупные частицы (частицы скелета грунта) хоть и претерпевают некоторые повороты и микросдвиги, однако не совершают поступательного перемещения под воздействием гидродинамических сил.

Вероятно, возможен размыв на контакте материала завесы с окружающим грунтом вследствие изменения направления движения фильтрационного потока в продольное к плоскости соприкосновения (контактный размыв) (рис. 1).

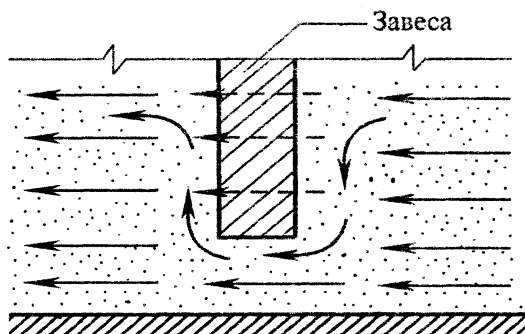


Рис. 1. Схема движения фильтрационного потока

Нами проведены исследования песчано-сапропелевых составов с содержанием 5 (составы 1 и 4), 10 (составы 2 и 5), 15 % (составы 3 и 6) сапропеля в составе по массе (табл. 1).

Таблица 1

Гранулометрический состав исходных грунтов и их смесей

Вид грунта	Содержание фракций, %				
	10...5	5...2	2...1	1...0,5	0,5...0,25
Сапропель	–	–	–	0,1	0,2
Песок средний	–	–	3,4	17,1	63,6
Состав 1	–	–	3,2	16,3	60,4
Состав 2	–	–	3,1	15,4	57,3
Состав 3	–	–	2,9	14,6	54,1
Песок средний с повышенным содержанием пылеватых частиц	0,2	0,9	0,9	5,2	47,8
Состав 4	0,2	0,9	0,9	4,9	45,4
Состав 5	0,2	0,8	0,8	4,7	43
Состав 6	0,2	0,8	0,8	4,4	40,7
Содержание фракций, %					
0,25...0,1	0,1...0,05	0,05...0,01	0,01...0,005	0,005...0,001	< 0,001
0,8	1,0	42,1	5,5	19,1	31,2
10,2	5,7	–	–	–	–
9,7	5,5	2,1	0,3	1,0	1,6
9,3	5,2	4,2	0,6	1,9	3,1
8,8	5,0	6,3	0,8	2,9	4,7
18,6	5,9	8	3,5	9	–
17,7	5,65	9,71	3,58	9,56	1,56
16,8	5,41	11,4	3,7	10	3,12
15,9	5,17	13,1	3,8	10,5	4,68

В качестве исходных компонентов использовали песок средний, сапропель, а также песок средний с повышенным содержанием пылеватых частиц. Составы 1...3 готовились из песка среднего и сапропеля, 4...6 – из песка с повышенным содержанием пылеватых частиц и сапропеля. Гранулометрический состав исходных материалов и их композиций приведен в табл. 1.

По расчету, согласно [1], песок средний является практически несущим, т. е. частицы могут выноситься в количестве, не нарушающем прочности грунта, что подтвердилось в результате фильтрационных исследований.

Песок с повышенным содержанием пылеватых частиц, согласно расчету, является суффозионным. Во время проведения исследований с момента начала фильтрации наблюдался вынос частиц.

Фильтрационные исследования песчано-сапропелевых составов выполнялись на специально изготовленной лабораторной установке, состоящей из фильтрационного прибора, напорного бака и щита со стеклянными пьезометрами.

Опыты проводили по общепринятой методике [2, 3]. Напор прикладывали ступенями таким образом, чтобы увеличение градиента составляло 0,2...0,3 на каждой ступени.

После стабилизации фильтрации (показания пьезометров и величина расхода оставались постоянными при данном напоре) определяли расход объемным способом.

Из сопоставления диаметра максимального фильтрационного хода среднего песка с данными гранулометрического анализа составов 1...3 видно, что вынесенными могут оказаться частицы в количестве 5...15 % по массе [1].

Для составов 4...6 эта величина еще больше – 24...32 %.

Фильтрационные параметры исследованных составов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Фильтрационные характеристики исследованных составов

Состав	Градиент напора	Продолжительность градиента напора, сут.	$K_f$ , см/с	Деформации образца
1	9,5	30	$6,3 \cdot 10^{-5}$	Отсутствуют
2	13	30	$3,5 \cdot 10^{-5}$	Отсутствуют
3	25	30	$1,0 \cdot 10^{-5}$	Отсутствуют
4	9	30	$5,5 \cdot 10^{-6}$	Отсутствуют
5	12	30	$3,0 \cdot 10^{-6}$	Отсутствуют
6	25	20	$1,5 \cdot 10^{-6}$	Отсутствуют

*Примечание:* Величина градиента напора для составов 3 и 6 была ограничена возможностями фильтрационной установки, деформаций составов добиться не удалось.

В ходе выполненных исследований получены следующие результаты:

- увеличение содержания сапропеля в смеси

уменьшает ее водопроницаемость (табл. 2);

- коэффициенты фильтрации составов 1...3 уменьшаются в 90...580 раз по сравнению с коэффициентом фильтрации песка среднего и соответствуют тяжелым супесям – легким суглинкам;

- коэффициенты фильтрации составов 4...6 уменьшаются в 300...1100 раз по сравнению с коэффициентом фильтрации песка среднего с повышенным содержанием пылеватых частиц и соответствуют средним суглинкам;

- для песчано-сапропелевых составов с содержанием 5, 10, 15 % сапропеля в составе по массе явления суффозии не наблюдались в интервале предлагаемых градиентов (табл. 2);

- явлений размыва на контакте «состав – окружающий грунт» не наблюдалось.

На основании изложенного выше видно, что песчано-сапропелевые составы могут применяться для строительства противофильтрационных завес способом «стена в грунте» для низконапорных гидротехнических сооружений.

Данные положения носят предварительный характер, а освещенные в настоящей работе вопросы требуют дальнейших исследований ввиду их малой изученности применительно к песчано-сапропелевым составам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дрозд П. А., Буртыс Ю. Ф. Фильтрационная устойчивость грунтов и подбор обратных фильтров для мелиоративных сооружений. – Мн.: Ураджай, 1967. – 51 с.
2. Истомина В. С., Буренкова В. В., Мишурова Г. В. Фильтрационная прочность глинистых грунтов. – М.: Стройиздат, 1975. – 220 с.
3. Нестеров М. В., Коган Д. П., Ильиненко В. Ф. Фильтрационная устойчивость пылеватых песков // Мелиорация и гидротехника в БССР: Сб. науч. тр. – Горки, 1983. – Вып. 103. – С. 61–68.
4. Логинов К. А. Исследование процессов формирования тела глиняной противофильтрационной стенки // Известия ВНИИГ. – Л.: Энергия, 1975. – Т. 107. – С. 320–328.